

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 85402196.1

51 Int. Cl.⁴: **G 21 C 19/30**

22 Date de dépôt: 13.11.85

30 Priorité: 16.11.84 FR 8417551

43 Date de publication de la demande:
11.06.86 Bulletin 86/24

84 Etats contractants désignés:
BE DE GB IT LU NL

71 Demandeur: **NOVATOME**
La Boursidière R.N. 186
F-92357 Le Plessis Robinson(FR)

72 Inventeur: **Chaut, François**
Résidence Oxford 1 rue Bassigny
F-78310 Maurepas(FR)

72 Inventeur: **Fernandez, Luis**
22 Impasse de la Cerisaie
F-91120 Palaiseau(FR)

72 Inventeur: **Mauguet, Christian**
9 rue du Bois Troquet
F-91000 Bondoufle(FR)

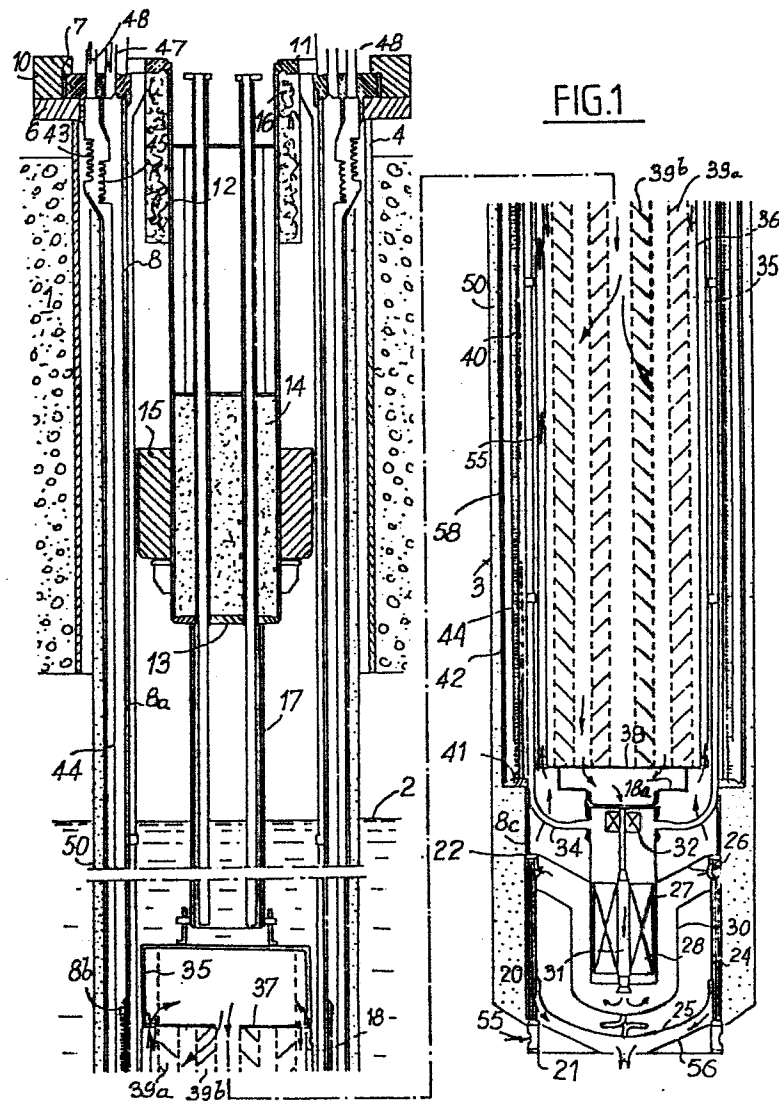
74 Mandataire: **Polus, Camille et al,**
c/o Cabinet Lavoix 2, Place d'Estienne d'Orves
F-75441 Paris Cedex 09(FR)

54 Dispositif de purification intégré du métal liquide de refroidissement d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides.

57 L'invention concerne un dispositif de purification intégré du métal liquide de refroidissement d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides.

Le dispositif comporte une virole de suspension (8) reposant sur la dalle du réacteur par une bride (7), des moyens de filtration en fibres métalliques (39) de forme tubulaire, une pompe (28) de mise en circulation du métal liquide, un échangeur économiseur (20) pour le refroidissement du métal liquide à purifier et des moyens de refroidissement complémentaire (40, 42, 44) du métal liquide entourant les moyens de filtration (39). La virole de suspension (8) est refroidie par les moyens de refroidissement complémentaire (40, 42, 44). L'échangeur-économiseur (20) du type à faisceau tubulaire fixé à la partie inférieure de la virole (8) entoure la pompe (28) qui est dans une zone remplie par du métal liquide refroidi.

L'invention s'applique, en particulier, aux réacteurs nucléaires à neutrons rapides refroidis par du sodium liquide.



L'invention concerne un dispositif de purification intégré du métal liquide de refroidissement d'un réacteur à neutrons rapides comportant une cuve remplie de métal liquide renfermant le coeur du réacteur et une dalle
05 horizontale de fermeture de la cuve.

Dans de tels réacteurs nucléaires à neutrons rapides refroidis par du métal liquide, qui est généralement du sodium, ce sodium appelé sodium primaire s'échauffe au contact des assemblages du coeur qu'il parcourt
10 dans la direction verticale de bas en haut.

Pendant sa circulation dans la cuve et pendant sa traversée du coeur, le sodium primaire se charge d'impuretés telles que des oxydes, des hydrures dissous dans le sodium ou telles que des particules solides en suspension. Il est donc nécessaire d'épurer le sodium liquide
15 pendant le fonctionnement du réacteur pour éviter qu'il ne soit chargé d'une trop grande quantité d'impuretés.

On utilise généralement pour effectuer cette épuration des dispositifs complexes permettant de prélever une partie du sodium liquide, de le refroidir et de le faire passer sur un filtre constitué par des fibres métalliques, par exemple en acier inoxydable. Les impuretés contenues dans le métal liquide précipitent préférentiellement sur les fibres métalliques du filtre si la température du métal liquide est suffisamment basse. On opère ainsi un piègeage à froid des impuretés.
20
25

De tels dispositifs comportent généralement une pompe de mise en circulation du métal liquide, un échangeur économiseur permettant de réaliser un transfert de chaleur entre le métal non épuré chaud et le métal épuré refroidi, un dispositif de refroidissement complémentaire du métal liquide et une cartouche de filtration en fibres métalliques. Lorsque les dispositifs de purification sont plongés directement dans le sodium remplissant la cuve du
30
35 réacteur, ils sont dits intégrés.

On connaît des dispositifs de purification intégrés comportant une virole de suspension dont la partie supérieure est solidaire d'une bride reposant sur la dalle du réacteur nucléaire lorsque le dispositif de purification est mis en place dans la cuve du réacteur nucléaire, la virole de suspension ayant alors son axe vertical.

L'ensemble du dispositif placé à l'intérieur de la virole de suspension pénètre dans la cuve par une traversée de la dalle de fermeture de forte épaisseur qui est obturée par un bouchon de protection contre les radiations et d'isolation thermique solidaire de la partie supérieure du dispositif de purification.

La plupart des dispositifs connus ont l'inconvénient de comporter des parties résistantes assurant la rigidité et le support du dispositif dans la cuve telles que la virole de suspension, en contact avec le liquide de refroidissement remplissant la cuve à très haute température. Même si la virole de suspension est entourée extérieurement sur une partie de sa hauteur par du matériau calorifuge, il n'en reste pas moins que cette virole n'est pas suffisamment refroidie, si bien qu'elle subit des contraintes thermiques importantes.

Des tuyauteries assurent aussi la liaison entre les différents organes constitutifs ; ces tuyauteries sont soumises à des dilatations importantes qui les rendent peu fiables.

De même, la pompe de mise en circulation du métal liquide dans le dispositif de purification est généralement immergée dans le sodium chaud à épurer à la partie inférieure du dispositif de purification, pour assurer le refoulement de ce métal liquide chaud dans le dispositif, ce qui la fait travailler en permanence dans de très dures conditions préjudiciables à sa durée de vie.

De plus, le réglage du débit de sodium à épurer est réalisé par des dispositifs mécaniques compliqués.

Le but de l'invention est donc de proposer un dispositif de purification intégrée du métal liquide de refroidissement d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides comportant une cuve remplie de métal liquide renfermant
05 le coeur du réacteur et une dalle horizontale de fermeture de la cuve, le dispositif de purification comportant une virole de support et de suspension reposant sur la dalle par une bride solidaire de sa partie supérieure et pénétrant dans la cuve par une ouverture traversant la
10 dalle, la virole de suspension étant disposée avec son axe vertical dans sa position de service à l'intérieur de la cuve, des moyens de filtration en fibres métalliques de forme tubulaire disposés coaxialement par rapport à la virole de suspension, une pompe de mise en circulation du
15 métal liquide, un échangeur économiseur pour le refroidissement du liquide à purifier par du métal liquide refroidi et purifié et des moyens de refroidissement complémentaires du métal liquide placés dans un espace annulaire entourant les moyens de filtration sur toute leur hauteur,
20 limité par deux parois cylindriques coaxiales, ce dispositif de purification ayant des structures de support à température modérée et une pompe immergée dans du sodium refroidi.

Dans ce but :

- 25 - la virole de suspension constitue une des parois limitant l'espace annulaire qui contient un fluide d'échange thermique assurant le refroidissement du métal liquide au niveau des moyens de filtration ainsi que le refroidissement de la virole de suspension,
- 30 - l'échangeur économiseur est constitué par un faisceau tubulaire à axe vertical et à section transversale en forme d'anneau, suspendu à la partie inférieure de la virole de suspension coaxialement à celle-ci, en-dessous de l'espace annulaire de refroidissement, la partie d'entrée de
35 l'échangeur économiseur recevant le métal liquide chaud

contenu dans la cuve étant située à sa partie inférieure,

- et la pompe de mise en circulation du métal liquide est disposée dans l'espace intérieur de l'échangeur économiseur et entourée par des parois assurant sa fixation par rapport à l'échangeur économiseur et ménageant un espace autour de la pompe en communication avec la partie supérieure de l'échangeur économiseur dans laquelle circule du métal liquide refroidi.

10 Afin de bien faire comprendre l'invention, on va maintenant décrire, en se référant aux figures jointes en annexe un mode de réalisation d'un dispositif de purification intégré dans une cuve de réacteur nucléaire à neutrons rapides, selon l'invention.

15 La figure 1 est une vue en coupe par un plan vertical de symétrie d'un dispositif de purification suivant l'invention et suivant un premier mode de réalisation.

20 La figure 2 est une vue en coupe verticale des moyens de filtration du dispositif de purification représenté à la figure 1, selon une variante de réalisation.

 La figure 3 est une vue en coupe par un plan vertical de symétrie du dispositif de purification selon l'invention et selon un second mode de réalisation.

25 La figure 4 est une vue en coupe des moyens de filtration du dispositif de purification représenté à la figure 3, selon une variante.

30 La figure 5 est une demi-vue en coupe par un plan vertical d'une variante des moyens de refroidissement complémentaire d'un dispositif de purification tel que représenté sur les figures 1 et 3.

 La figure 5a est une vue suivant AA de la figure 5.

35 La figure 5b est une vue en coupe suivant BB de la figure 5a, de la partie supérieure des moyens de re-

froidissement complémentaire.

La figure 6 est une demi-vue en coupe d'une seconde variante de réalisation des moyens de refroidissement complémentaire d'un dispositif de purification tel
05 que représenté sur les figures 1 et 3.

La figure 7 est une demi-vue en coupe par un plan vertical d'une troisième variante de réalisation des moyens de refroidissement complémentaire d'un dispositif de purification tel que représenté aux figures 1 et 3.

10 Sur la figure 1, on voit la dalle de fermeture 1 de la cuve d'un réacteur nucléaire renfermant du sodium liquide jusqu'au niveau 2. Le dispositif de purification intégré désigné de façon générale par le repère 3 plonge
15 à l'intérieur du sodium liquide et traverse la dalle 1 de forte épaisseur à l'intérieur d'une traversée 4. La virole de traversée 4 porte à sa partie supérieure une bride 6 sur laquelle vient reposer une bride 7 solidaire de la partie supérieure de la virole de suspension 8 du dispositif de purification intégré 3. Une contre-bride 10 permet de fixer
20 le dispositif de purification après sa mise en place dans la cuve du réacteur.

Sur la bride 7 de la virole de suspension 8, repose une bride 11 solidaire de la partie supérieure d'une virole 12 constituant la structure de support du bouchon
25 de fermeture de la traversée 4. Cette virole 12 est fermée à sa partie inférieure par un fond 13 et constitue ainsi un bac rempli de grenailles de plomb 14 arrêtant les radiations venant de l'intérieur de la cuve et constituant ainsi une protection biologique. Cette protection biologique
30 que est complétée à l'extérieur de la virole 12 par un anneau massif en acier 15. La virole 12 du bouchon porte également à sa partie supérieure un caisson annulaire 16 rempli de matériau calorifuge.

La virole 12 du bouchon porte enfin, par l'intermédiaire d'une virole 17, l'ensemble des moyens de fil-
35

tration 18.

On peut ainsi démonter indépendamment de la virole de suspension 8 du dispositif de purification toute sa partie centrale comportant le bouchon et le filtre, 05 par exemple pour le nettoyage et le décolmatage de ce filtre 18.

La virole de suspension 8 comporte une partie supérieure 8a constituée par un simple cylindre de forte épaisseur et une partie inférieure 8b constituée par l'as- 10 semblage de deux tôles cylindriques coaxiales laissant entre elles un espace annulaire rempli par un métal liquide d'échange thermique tel que le mélange eutectique sodium-potassium.

La virole de suspension 8 se termine à sa partie 15 inférieure par une virole 8c de support de l'échangeur économiseur 20 du dispositif de purification.

L'échangeur économiseur comporte un faisceau tubulaire formé de tubes verticaux reliés à leur partie inférieure à un collecteur d'entrée annulaire 21 et à 20 leur partie supérieure à une plaque tubulaire également annulaire 22. La section transversale de l'échangeur économiseur est donc annulaire sur toute sa hauteur. Cet échangeur économiseur 20 comporte deux rangées de tubes coaxiales offrant ainsi une grande surface d'échange pour 25 le refroidissement du sodium de la cuve à purifier pénétrant dans le collecteur d'entrée 21 et circulant dans les tubes du faisceau de bas en haut.

La rangée intérieure de tubes du faisceau est fermée intérieurement par une virole 24 fixée à sa partie 30 supérieure sur le bord intérieur de la plaque tubulaire 22. La virole 24 est fermée à sa partie inférieure par un fond bombé 25. Sur le bord intérieur de la plaque tubulaire 22 est également fixée une virole tronconique 26 reliée à l'enveloppe 27 de la pompe 28 et assurant sa suspension 35 dans l'espace intérieur de l'échangeur économiseur 20.

Une troisième enveloppe 30 constituée de portions tronconiques cylindriques et sphériques est disposée entre la virole tronconique de support 26 et la virole fermée 24-25. Cette virole 30 est reliée sur sa périphérie à la virole 24 qui comporte des ouvertures de passage du sodium vers les tubes du faisceau entre la virole tronconique 26 et la partie tronconique de l'enveloppe 30.

La pompe 28 comporte un conduit de refoulement 31 débouchant dans l'espace compris entre la virole 26 et l'enveloppe 30.

La partie motrice de la pompe est disposée autour du conduit 31, à l'intérieur de l'enveloppe 27. Enfin, un débitmètre 32 est placé au niveau de la partie supérieure du conduit 31 pour la mesure du débit de sodium passant dans la pompe.

La partie supérieure de la pompe dans laquelle le sodium liquide est aspiré, est en communication avec la sortie 18a du filtre 18, la pompe et la partie 18a du filtre étant placées dans le prolongement l'une de l'autre sans être fixées.

La partie motrice de la pompe est alimentée par des conducteurs électriques 34 isolés et résistant au sodium liquide à haute température.

Le filtre 18 comporte une enveloppe externe cylindrique 35 fixée de façon articulée à la partie inférieure de la virole 17 à l'intérieur de laquelle une seconde enveloppe 36 est fixée par l'intermédiaire d'une plaque circulaire 37 comportant des ouvertures pour le passage du sodium. L'enveloppe 36 est fermée à sa partie inférieure par une plaque circulaire 38 également percée d'ouvertures pour le passage du sodium. L'enveloppe 36 renferme deux cartouches filtrantes tubulaires 39a et 39b en fil d'acier inoxydable tricoté disposées coaxialement.

La partie de sortie 18a du filtre 18 communique avec l'intérieur de la cartouche filtrante entourée par l'enveloppe 36, par l'intermédiaire de la plaque per-

forée 38.

Le filtre 18 est entouré par la partie 8b de la virole de suspension 8 à l'intérieur de laquelle est placé un liquide d'échange thermique tel que le mélange eutectique Na-K. Un très faible espace annulaire subsiste entre la virole de suspension 8 et l'enveloppe externe 35 du filtre. C'est dans cet espace annulaire que passent les câbles 34 d'alimentation de la pompe.

La partie 8b de la virole 8 comporte sur sa surface externe, sur la plus grande partie de sa hauteur disposée en face du filtre 18, des ailettes 40 permettant de faciliter les échanges thermiques entre de l'air de refroidissement circulant au contact de ces ailettes et le liquide contenu dans la partie 8b de la virole constituant un joint thermique entre la face interne et la face externe de cette virole de suspension.

La virole de suspension porte à l'extrémité inférieure de sa partie 8b un anneau de fixation 41 sur lequel est soudée une virole 42 fixée à sa partie supérieure à la bride 7 par l'intermédiaire d'un soufflet de dilatation 43. Une virole 44 coaxiale à la virole 42 qui est elle-même coaxiale à la virole de suspension 8 est placée entre ces deux viroles et fixée à la bride 7 par l'intermédiaire d'un soufflet de dilatation 45.

Les viroles 8, 42 et 44 constituent un parcours de circulation d'air de refroidissement entrant dans l'espace annulaire entre la virole 8 et la virole 44 par une canalisation 47 et sortant de l'espace annulaire entre les viroles 42 et 44 par une canalisation 48.

La virole externe 42 est recouverte sur sa surface extérieure par une couche de calorifuge 50 qui l'isole du sodium liquide dans lequel plonge le dispositif de purification.

La surface extérieure ailetée de la virole 8 et les viroles 42 et 44 permettant une circulation d'air de

refroidissement au contact des ailettes 40 avec retour de l'air échauffé par la partie annulaire externe constituent les moyens de refroidissement complémentaire du sodium au niveau du filtre, ce refroidissement se produisant par mise en contact thermique de ce sodium avec la paroi intérieure refroidie de la virole de suspension 8, par l'intermédiaire de la couche de sodium remplissant l'espace annulaire entre les viroles 8 et 35.

La virole de suspension 8 qui est en contact sur toute sa longueur avec l'air de refroidissement entrant par la canalisation 47 est ainsi parfaitement refroidie par ce fluide thermique de refroidissement en circulation.

Le fonctionnement du dispositif représenté sur la figure 1 est le suivant : la pompe 28 fonctionnant dans le sens indiqué, c'est-à-dire créant une aspiration dans le filtre 18 par l'intermédiaire de sa partie de sortie 18a, provoque une aspiration de sodium dans l'espace compris entre les parois du filtre 35 et 36 par l'intermédiaire de la plaque perforée 37. Cet espace communiquant avec la plaque tubulaire 22, il se produit également une aspiration dans les tubes du faisceau et dans le collecteur d'entrée 21. Il en résulte une circulation de sodium suivant le sens indiqué par les flèches 55. Le sodium chaud à épurer contenu dans la cuve pénètre dans le collecteur 21 puis est réparti dans les tubes de l'échangeur économiseur 20 ^{et} ressort par la plaque tubulaire 22 pour entrer dans l'espace entre les viroles 35 et 36 par sa partie inférieure. C'est dans cet espace que se produit le refroidissement complémentaire du sodium liquide par la circulation d'air en contact avec les ailettes de la virole de suspension 8.

A la partie supérieure du filtre 18, le sodium liquide refroidi pénètre dans l'enveloppe 36 de ce filtre contenant les cartouches filtrantes 39, par la plaque per-

forée 37. Les perforations de la plaque 37 sont telles que le sodium refroidi pénètre dans la zone du filtre occupée par les cartouches filtrantes 39, à la fois par la partie centrale et par la périphérie de ces cartouches 39a et 39b.

05 Les perforations de la plaque inférieure 38 du filtre sont telles que le sodium ressort dans la partie inférieure 18a du filtre par la zone annulaire comprise entre les deux cartouches filtrantes 39a et 39b. L'épuration se produit donc par traversée des cartouches fil-
10 trantes par le sodium, aussi bien par l'intérieur que par l'extérieur. Le sodium refroidi et épuré recueilli dans la chambre 18a est aspiré par la pompe 28, son débit étant contrôlé par le débitmètre 32. Ce débit peut être réglé
15 en fonction de la pureté du sodium, grâce à des moyens de réglage du courant d'alimentation de la pompe associés à cette pompe. Le sodium liquide refroidi et épuré est alors refoulé par la pompe dans l'espace compris entre les en-
20 veloppes 27 et 30 qui est en communication avec la partie supérieure de l'échangeur économiseur 20, à l'extérieur des tubes du faisceau. Le sodium refroidi et épuré circule donc de haut en bas dans le faisceau, entre la virole 24 et la virole de fermeture du faisceau disposée dans le prolongement de la virole 8c. Il se produit donc un échan-
25 ge thermique entre le sodium froid à épurer circulant à l'extérieur des tubes et le sodium chaud à épurer qui entre dans le faisceau par le collecteur 21. Le sodium refroidi et épuré est renvoyé dans la cuve à la base du dispositif de purification, grâce à une virole tronconique
30 56 canalisant le flux sortant de sodium liquide.

L'ensemble de la partie inférieure du dispositif d'épuration 3 est entouré par une couche de matériau calorifuge 50 fixée sur la virole extérieure 42 permettant de canaliser la circulation d'air de refroidissement.
35

La virole de suspension 8 du dispositif de purification est refroidie par la circulation d'air au contact de sa paroi externe, cet air étant envoyé à une température de 35° par la canalisation 47, puis récupéré
05 par la canalisation 48 à une température voisine de 75°. Un échangeur de chaleur permettant le refroidissement de l'air en circulation placé à l'extérieur de la cuve est intercalé sur un circuit comportant les canalisations 47 et 48.

10 La pompe 28 est entourée par un espace limité par l'enveloppe 30 dans lequel circule du sodium refroidi sortant du filtre. La pompe est ainsi isolée du sodium chaud remplissant la cuve du réacteur et protégée contre
15 tions de température dans la cuve du réacteur.

Sur la figure 2, on voit une variante de réalisation de la partie interne du filtre permettant d'obtenir une circulation de sodium liquide depuis la partie supérieure du filtre suivant un parcours différent de celui
20 représenté sur la figure 1.

L'enveloppe extérieure du filtre 35' et l'enveloppe intérieure 36' renfermant les cartouches 39'a et 39'b ménagent entre elles un espace de circulation du sodium à épurer sortant de l'échangeur économiseur (flèches
25 55'). Les plaques supérieure 37' et inférieure 38' de l'enveloppe intérieure 36' sont percées de façon que le sodium à épurer entre dans le filtre par l'espace annulaire entre les cartouches 39'a et 39'b et sorte du filtre par l'espace intérieur central et l'espace périphérique autour du
30 filtre, à l'intérieur de l'enveloppe 36'. Une virole 59 sépare les deux cartouches filtrantes coaxiales.

Sur la figure 3, on voit un second mode de réalisation d'un dispositif de purification suivant l'invention ; des repères identiques sont utilisés pour les éléments
35 correspondants des dispositifs représentés aux figu-

res 1 et 3. La circulation du sodium à l'intérieur du dispositif de purification est totalement inversée par rapport au mode de réalisation de la figure 1. La pompe 28 aspire du sodium entre les parois 27 et 30, pour le refouler dans l'espace d'entrée 18a du filtre. Le sodium entourant la pompe et aspiré par celle-ci est du sodium refroidi ayant traversé l'échangeur économiseur de bas en haut. D'autre part, la virole de suspension 8 du dispositif de purification constitue dans ce mode de réalisation la paroi externe de l'espace annulaire de refroidissement entourant le filtre 18. Cet espace de refroidissement est limité vers l'intérieur par une virole 60 coaxiale à la virole 8 fixée sur la pièce annulaire 41 solidaire de la partie inférieure de la virole 8. L'espace annulaire de refroidissement entre les viroles 8 et 60 est rempli par du sodium stagnant dans lequel plonge un serpentín 61 dans lequel circule un gaz inerte refroidi à l'extérieur de la cuve permettant de maintenir le sodium stagnant entre les viroles 8 et 60 à une température relativement basse.

Le bouchon de fermeture de la dalle situé au-dessus du dispositif de purification a dû être modifié comme représenté pour permettre le passage des tuyauteries d'alimentation du serpentín de refroidissement 61.

Le filtre 18 comporte une enveloppe extérieure 62, une enveloppe intérieure 63, une plaque de fermeture supérieure 64 et une plaque de fermeture inférieure 65. Une virole 66 fixée sur la plaque supérieure 64 permet de séparer les cartouches filtrantes 39a et 39b jusqu'à un niveau situé au-dessus de la plaque 65. Le filtre comporte également une chambre supérieure de sortie du sodium épuré 67 limitée extérieurement par une virole percée 68. C'est par l'intermédiaire de cette chambre 67 que le filtre 18 est suspendu à l'intérieur du dispositif de purification. La plaque 64 est percée à sa partie cen-

trale et la plaque 65 à sa périphérie de façon que le sodium à épurer venant de la chambre d'entrée 18a de la pompe pénètre dans l'espace entre les viroles 60 et 62 avant d'être canalisé jusqu'à la partie supérieure de la virole 63 et d'entrer en contact avec la cartouche filtrante 39a. Le sodium descend ensuite le long de la virole 66 pour venir en contact avec la cartouche filtrante intérieure 39b et remonter dans la chambre de sortie 67 du filtre par l'espace intérieur de la cartouche 39b. Le sodium épuré passe alors dans l'espace annulaire entre les viroles 60 et 62 dans lequel il est refroidi par les moyens de refroidissement complémentaire 61, par l'intermédiaire du sodium stagnant dans l'espace annulaire entourant la virole d'échange 60.

Le sodium refroidi et épuré arrive ensuite dans l'espace limité par les viroles 8c et 26 au-dessus de la plaque 22 du faisceau tubulaire pour entrer dans les tubes de ce faisceau et refroidir le sodium à épurer circulant à contre-courant à l'extérieur des tubes. Le sodium épuré et refroidi sort du dispositif de purification par le collecteur inférieur 21.

Les câbles d'alimentation 34 de la pompe passent dans l'espace annulaire directement en contact avec l'espace de refroidissement au niveau du filtre 18.

Sur la figure 4 on voit une variante de réalisation du filtre du dispositif de purification représenté à la figure 3 ainsi que la circulation du sodium dans ce filtre.

Le filtre 18 comporte une enveloppe externe 60' une enveloppe interne 63', un fond supérieur 64' et un fond inférieur 65'.

Dans l'espace intérieur de la cartouche filtrante 39b, sont également disposées deux viroles 66' et 67' fixées respectivement à la plaque supérieure 64' et à la plaque inférieure 65'. L'enveloppe extérieure 60'

est fermée par deux plaques 69' et 70'. La virole 66' est placée dans le prolongement de la conduite de sortie 31 de la pompe si bien que le sodium liquide suit le parcours représenté par les flèches 71, d'abord de bas en haut dans la virole 66', puis de haut en bas dans l'espace annulaire entre les enveloppes 60' et 63' pour arriver sous la plaque inférieure 65', en-dessous d'ouvertures communiquant avec l'espace annulaire entre les deux cartouches filtrantes 39a et 39b. Le sodium à épurer traverse les cartouches de filtration, l'espace annulaire entre ces cartouches étant fermé à sa partie supérieure. Le sodium épuré se retrouve en partie haute du filtre et s'écoule de haut en bas dans l'espace annulaire compris entre les viroles 66' et 67' pour se retrouver dans l'espace limité par la virole tronconique 26 au-dessus de la plaque tubulaire 22. Le sodium liquide épuré et refroidi par les dispositifs 61' disposés entre les viroles 8 et 60' passe alors dans les tubes de l'échangeur économiseur où il assure le refroidissement du sodium chaud à épurer entrant dans le dispositif de purification.

Sur les figures 5, 5a et 5b, on voit une variante de réalisation d'un dispositif de refroidissement complémentaire qui peut être associé à un dispositif de purification tel que représenté à la figure 1 ou tel que représenté à la figure 3.

L'espace annulaire de refroidissement complémentaire est limité par la virole de suspension 8 et une virole interne 72, les viroles 8 et 72 étant reliées à leur partie supérieure et à leur partie inférieure respectivement par des pièces annulaires 74 et 75. Dans l'espace annulaire de refroidissement entre les viroles 8 et 72 est introduit un fluide de refroidissement vaporisable 76. Comme il est visible sur la figure 5b, la pièce annulaire 74 comporte des ouvertures dans lesquelles des tubes à ailettes 77 sont fixés de façon étanche. L'extrémité supérieure

des tubes 77 est fermée. Dans l'espace annulaire compris entre la virole de suspension 8 et une virole extérieure 79 et limité par la pièce annulaire 74 et la bride de support 78 du dispositif de purification, de l'air de refroidissement est amené par un dispositif 80 comportant deux collecteurs toriques 81 et 82 pour l'introduction et la récupération de l'air dans l'espace annulaire par des tubes concentriques 83 et 84 respectivement.

Sur la figure 5a, on voit la disposition circconférentielle des tubes ailetés 77 et des tubes d'introduction d'air de refroidissement 83. Ces tubes sont disposés à la suite les uns des autres de façon alternée.

Du sodium circulant au niveau du filtre 18 vient en contact lors de son parcours vertical vers le haut ou vers le bas avec la paroi 72 et se refroidit au contact du liquide vaporisable 76 dont la vapeur s'élève dans l'espace annulaire entre les viroles 8 et 72. La vapeur pénètre ensuite dans les tubes à ailettes 77 où elle est condensée puis retombe dans l'espace entre les viroles 8 et 72. On peut obtenir un refroidissement intense du sodium en circulation avec la surface intérieure de la paroi 72 en utilisant un liquide ayant une chaleur latente de vaporisation élevée.

Sur la figure 6, on voit une variante de réalisation du dispositif de refroidissement complémentaire représenté aux figures 5, 5a et 5b. Les éléments équivalents sur les figures 5 et 6 sont désignés par les mêmes repères.

L'espace annulaire entre les viroles 8 et 72 et entre les pièces annulaires 74 et 75 renferme un fluide d'échange thermique à la place du fluide vaporisable 76, ce fluide pouvant être du sodium ou un fluide organique à point de vaporisation élevé.

Dans ce fluide plonge une série de tubes 85 fermés à leurs extrémités de façon étanche. Ces tubes tra-

versent la pièce annulaire 74 et leur partie disposée au-dessus de la pièce 74 comporte des ailettes 86.

Une virole 87 disposée entre les viroles 8 et 79 en partie supérieure du dispositif permet une circulation d'air au contact de la partie ailetée 86 des tubes 85.

Le sodium en circulation soit de bas en haut soit de haut en bas dans la zone du filtre se refroidit en échauffant le fluide d'échange thermique placé entre les viroles 8 et 72. L'échauffement de ce fluide produit la vaporisation du fluide vaporisable contenu dans les tubes 85 ; la vapeur de ce fluide vaporisable s'élève dans la partie de refroidissement des tubes pour y être condensée et renvoyée dans la partie inférieure du tube 85.

Sur la figure 7, on voit une seconde variante de réalisation du dispositif de refroidissement complémentaire représenté à la figure 5. Le dispositif est identique dans sa partie supérieure au dispositif représenté sur la figure 6 mais la partie inférieure des tubes 95, en-dessous de la pièce annulaire 74 plonge directement dans le sodium liquide en circulation à la périphérie du filtre 18.

Il peut être très intéressant d'utiliser de l'eau comme fluide vaporisable dans la partie inférieure des tubes 95 mais dans ce cas, il faut éviter que cette eau soit séparée du sodium de la cuve en circulation dans le filtre par une simple paroi. Les tubes 95 ont donc une double paroi en partie inférieure et l'espace interne de cette double paroi 88 est rempli par un liquide d'échange tel que le mercure.

On voit que les principaux avantages du dispositif selon l'invention sont de permettre un bon refroidissement et donc un maintien à une température modérée de la virole de suspension du dispositif de purification et de comporter une pompe placée de façon à être entourée de métal liquide refroidi dans lequel débouche son conduit d'as-

piration ou de refoulement. La pompe assure un réglage du débit sodium à épurer directement à partir de son courant de commande. De plus aucune tuyauterie/^{ne} relie les différents organes entre eux.

05 L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation qui ont été décrits.

C'est ainsi qu'on peut imaginer des filtres d'une forme différente comportant une seule cartouche filtrante tubulaire ou au contraire plus de deux cartouches
10 tubulaires ainsi qu'un ensemble de viroles et de plaques de déflexion du flux de sodium d'une réalisation différente de celles qui ont été décrites.

Dans le cas où le filtre comporte au moins deux cartouches filtrantes, les viroles et plaques de déflexion peuvent être disposées de façon à canaliser le sodium de façons différentes. En particulier, la circulation dans les cartouches filtrantes peut se faire avec
15 traversée de celles-ci en parallèle ou en série.

On peut également imaginer d'autres dispositifs de refroidissement complémentaire disposés dans un espace annulaire entourant le filtre, ces dispositifs de refroidissement utilisant la circulation d'un fluide d'échange ou la vaporisation d'un fluide auxiliaire.

On peut également imaginer d'autres modes de circulation du sodium dans la partie inférieure du dispositif autour de la pompe.
25

Enfin, le dispositif de purification intégré suivant l'invention s'applique à tous les réacteurs nucléaires à neutrons rapides refroidis par du métal liquide
30 de comportant une cuve dans laquelle le coeur du réacteur est immergé dans un métal liquide.

REVENDEICATIONS

1.- Dispositif de purification intégré du métal liquide de refroidissement d'un réacteur nucléaire à neutrons rapides comportant une cuve remplie de métal liquide renfermant le coeur du réacteur et une dalle horizontale (1) de fermeture de la cuve, le dispositif de purification (3) comportant une virole de support et de suspension (8) reposant sur la dalle (1) par une bride (7) solidaire de sa partie supérieure et pénétrant dans la cuve par une ouverture (4) traversant la dalle (1), la virole de suspension (8) étant disposée avec son axe vertical, dans sa position de service à l'intérieur de la cuve, des moyens de filtration en fibres métalliques (18) de forme tubulaire disposés coaxialement par rapport à la virole de suspension (8), une pompe (28) de mise en circulation du métal liquide, un échangeur économiseur (20) pour le refroidissement du métal liquide à purifier par du métal liquide refroidi et purifié et des moyens de refroidissement complémentaire (40, 42, 44, 61) du métal liquide placé dans un espace annulaire entourant les moyens de filtration (18) sur toute leur hauteur, limité par deux parois cylindriques coaxiales (8 - 42 - 60), caractérisé par le fait que la virole de suspension (8) constitue une des parois limitant l'espace annulaire qui contient un fluide d'échange thermique assurant le refroidissement du métal liquide au niveau des moyens de filtration (18) ainsi que le refroidissement de la virole de suspension (8),

- que l'échangeur économiseur est constitué par un faisceau tubulaire (20) à axe vertical et à section transversale en forme d'anneau suspendu à la partie inférieure (8c) de la virole de suspension (8) coaxialement à celle-ci, en-dessous de l'espace annulaire de refroidissement, la partie d'entrée de l'échangeur économiseur (20) recevant le métal liquide chaud contenu dans la cuve étant si-

tuée à sa partie inférieure,

- et que la pompe (28) de mise en circulation du métal liquide est disposée dans l'espace intérieur de l'échangeur économiseur (20) et entourée par des parois (26, 27, 05 30) assurant sa fixation par rapport à l'échangeur économiseur (20) et ménageant un espace autour de la pompe (28) en communication avec la partie supérieure de l'échangeur économiseur (20) dans laquelle circule du métal liquide refroidi.

10 2.- Dispositif de purification suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la pompe (28) comporte un conduit de refoulement (31) débouchant dans l'espace entourant la pompe en communication avec la partie supérieure 15 de l'échangeur économiseur, pour le refoulement de sodium purifié à la partie supérieure de l'échangeur économiseur (20) en contact avec la surface extérieure des tubes de cet échangeur économiseur, l'extrémité d'entrée du conduit (31) de la pompe (28) communiquant avec l'inté- 20 rieur du filtre (18) pour l'aspiration de sodium liquide contenu dans la cuve où est plongé le dispositif de purification (3) par l'intermédiaire des tubes de l'échangeur économiseur (20) et des éléments de filtration (39a et 39b) du filtre (18).

25 3.- Dispositif de purification intégré suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la pompe (28) comporte un conduit d'aspiration (31) débouchant à l'intérieur de l'espace entourant la pompe, pour l'aspiration de métal liquide 30 à épurer refroidi par circulation au contact de la surface externe des tubes de l'échangeur économiseur (20), l'autre extrémité ou extrémité de refoulement du conduit (31) étant en communication avec l'espace intérieur du filtre (18), pour le refoulement de métal à épurer dans le fil- 35 tre puis dans les tubes de l'échangeur économiseur (20) après épuration et refroidissement dans le dispositif de

refroidissement complémentaire, le métal épuré étant renvoyé dans la cuve à la partie inférieure du faisceau tubulaire de l'échangeur économiseur (20).

4.- Dispositif de purification suivant l'une
5 quelconque des revendications 1, 2 et 3, caractérisé par le fait que les moyens de refroidissement complémentaire (40, 42, 44) disposés dans l'espace annulaire autour du
filtre (18) sont constitués par des ailettes de refroidissement (40) fixées sur la paroi intérieure (8b) de l'espace
10 annulaire et par des viroles (42; 44) coaxiales permettant une circulation de fluide thermique de refroidissement au contact des ailettes (40) sur toute la hauteur de l'espace annulaire.

5.- Dispositif de purification suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que la paroi intérieure (8b) de l'espace annulaire est une paroi double remplie
15 par un liquide thermique d'échange.

6.- Dispositif de purification suivant l'une
quelconque des revendications 1, 2 et 3, caractérisé par
20 le fait que les moyens de refroidissement complémentaire autour du filtre (18) sont constitués par un liquide vaporisable (76) disposé dans l'espace annulaire compris entre la virole de suspension (8) et une virole (72) disposée coaxialement à l'intérieur de la virole (8), fermé
25 à sa partie inférieure et communiquant à sa partie supérieure avec des moyens de condensation de la vapeur du liquide vaporisable (76) constitués par des tubes à ailettes (77) dont la surface extérieure est placée dans une zone de circulation d'air de refroidissement.

7.- Dispositif de purification suivant l'une
30 quelconque des revendications 1, 2 et 3, caractérisé par le fait que les moyens de refroidissement complémentaire disposés autour des moyens de filtration (18) sont constitués par des tubes verticaux (85) fermés de façon étanche
35 à leurs extrémités et renfermant un liquide vaporisable.

ble dans leur partie inférieure plongeant dans un liquide d'échange disposé dans l'espace annulaire limité par les viroles (8, 12) entourant le filtre (18), la partie supérieure des tubes (85) comportant des ailettes de refroidissement (86) sur sa surface externe étant disposée dans
5 un espace de circulation d'un fluide de refroidissement.

8.- Dispositif de purification suivant l'une quelconque des revendications 1, 2 et 3, caractérisé par le fait que les dispositifs de refroidissement complémentaires sont constitués par des tubes verticaux (95) comportant une partie inférieure plongeant dans du métal liquide dans un espace annulaire autour des moyens de filtration (18), renfermant un liquide vaporisable comportant une double paroi (88) remplie par un liquide d'échange thermique ainsi qu'une partie supérieure comportant des ailettes de refroidissement sur sa surface externe et disposée dans
10 une zone de circulation de fluide de refroidissement.

9.- Dispositif de purification suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que des moyens de réglage du courant d'alimentation sont associés à la pompe pour permettre le réglage du débit de sodium en circulation dans le dispositif de purification.
20

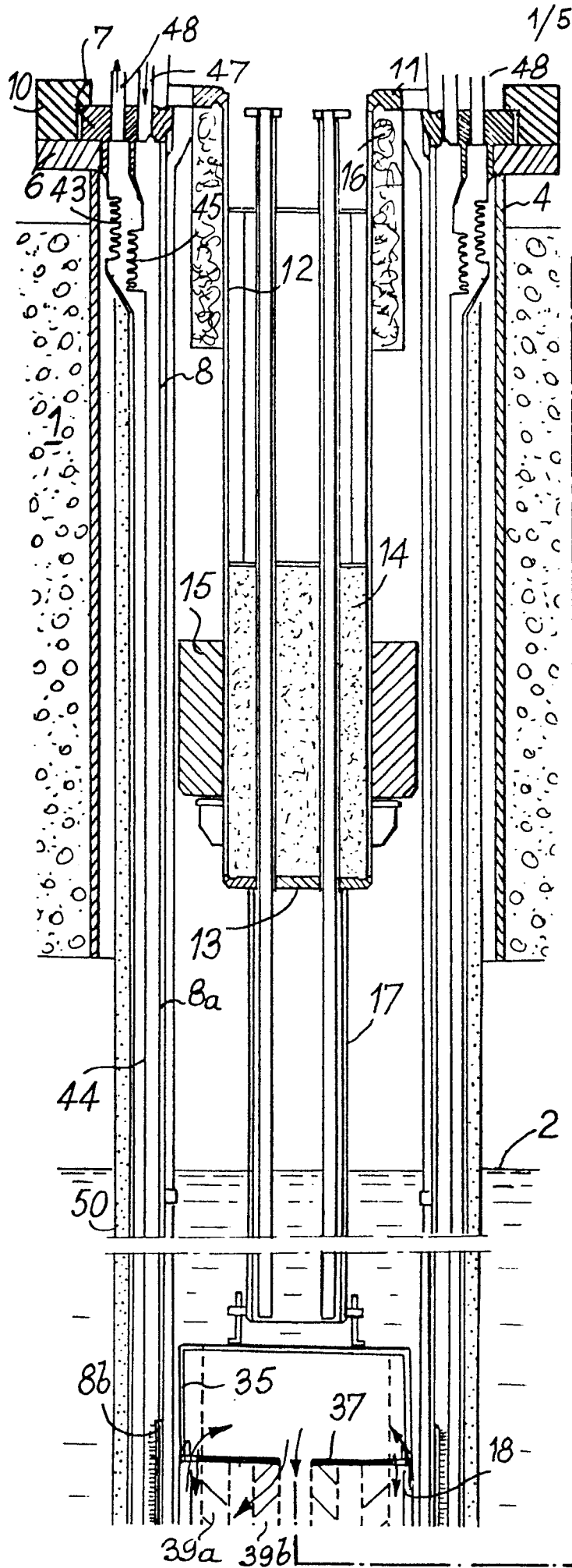


FIG. 1

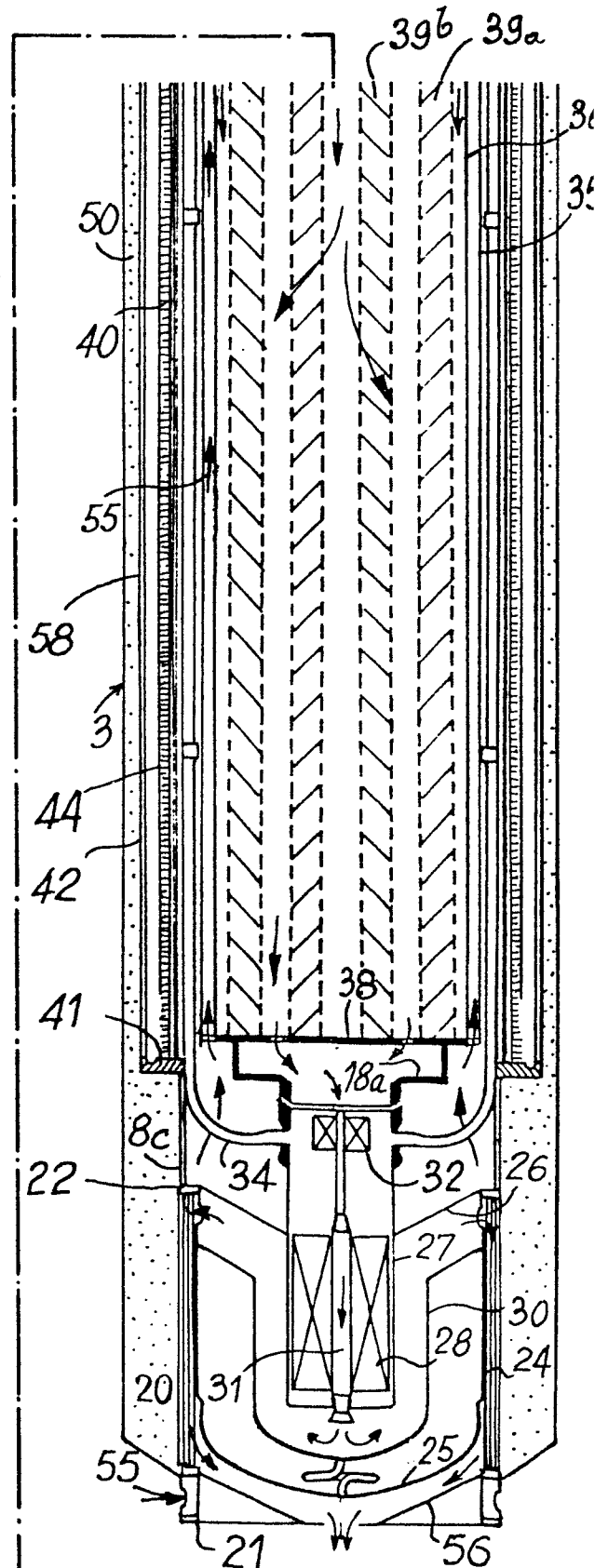


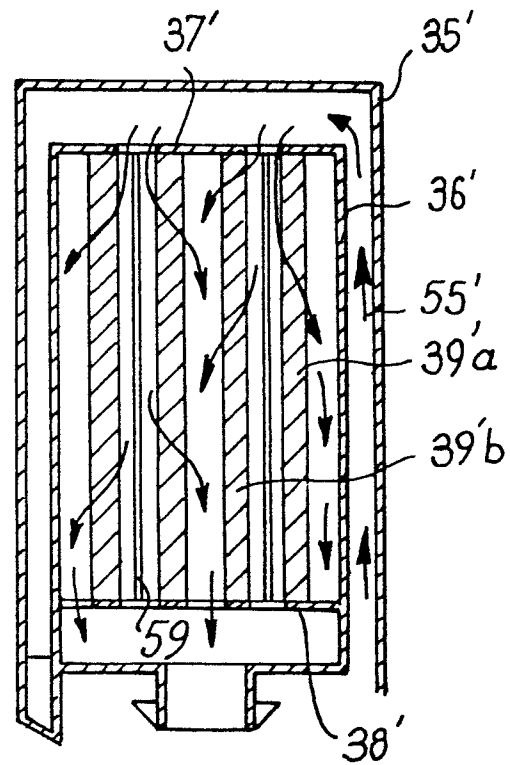
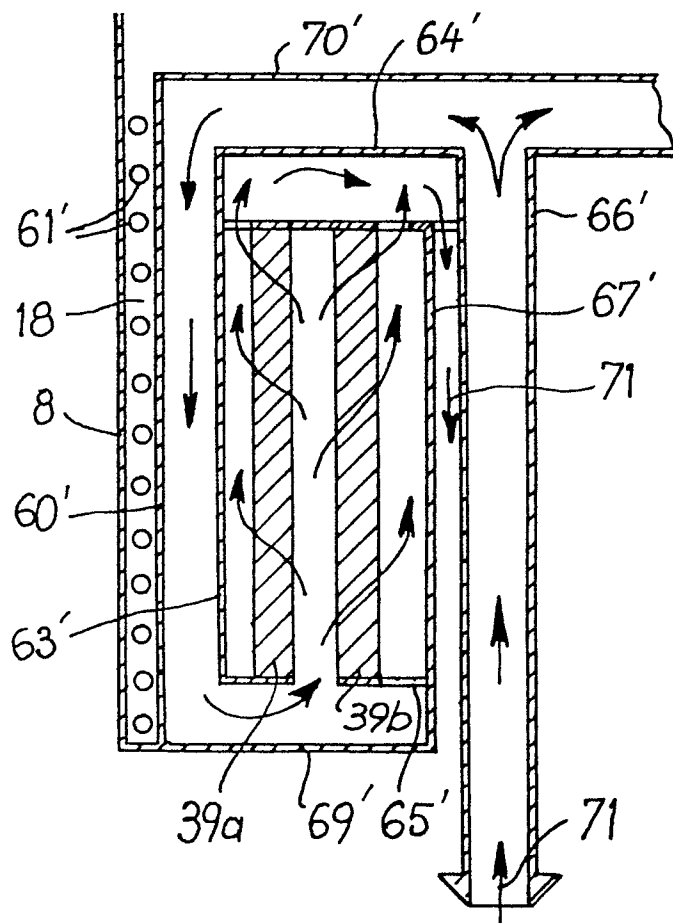
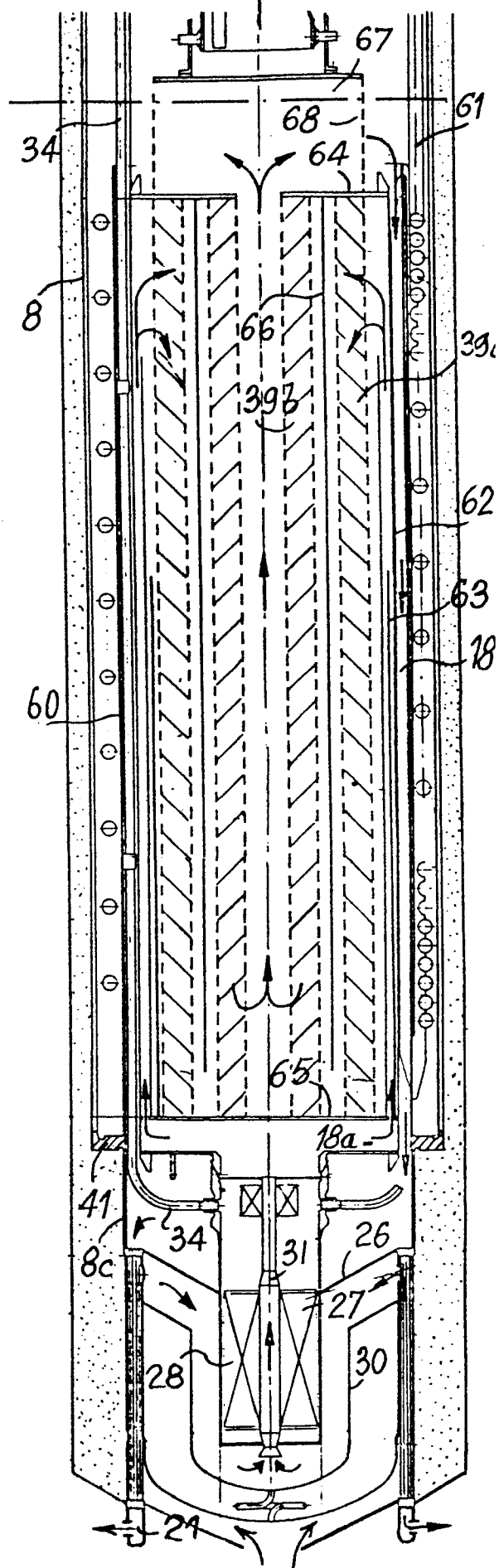
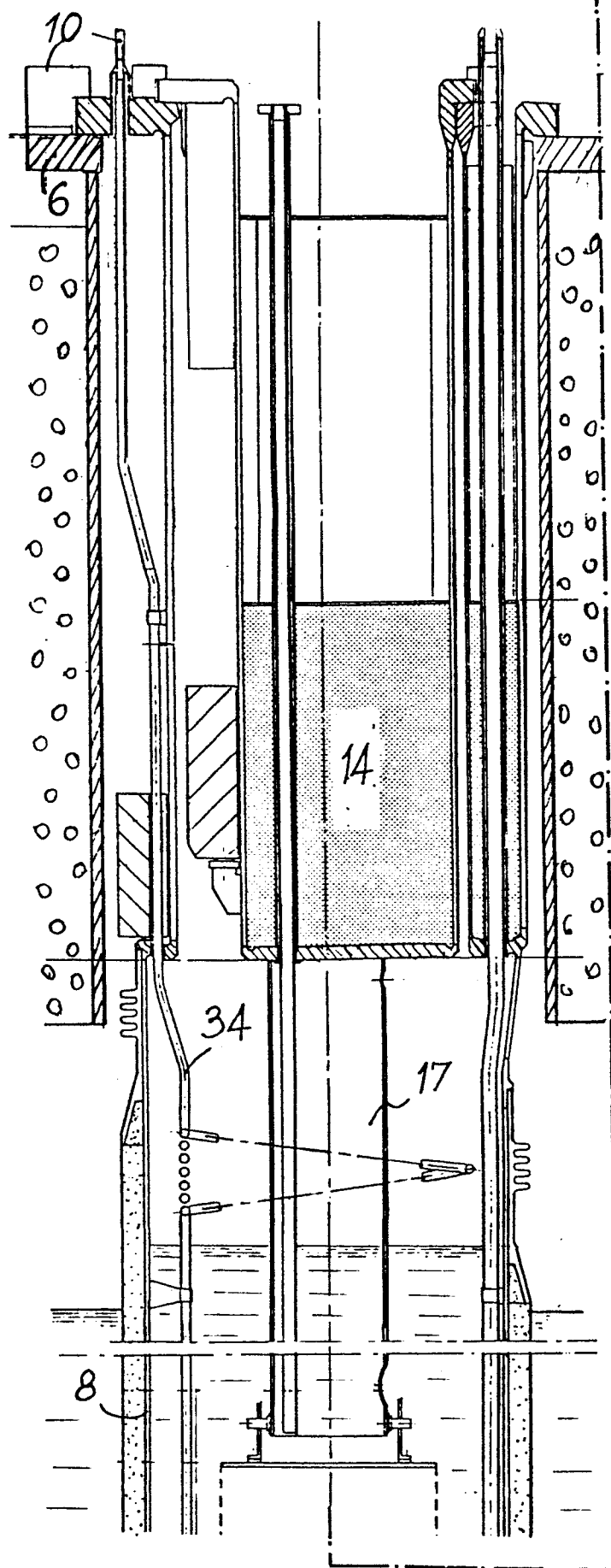
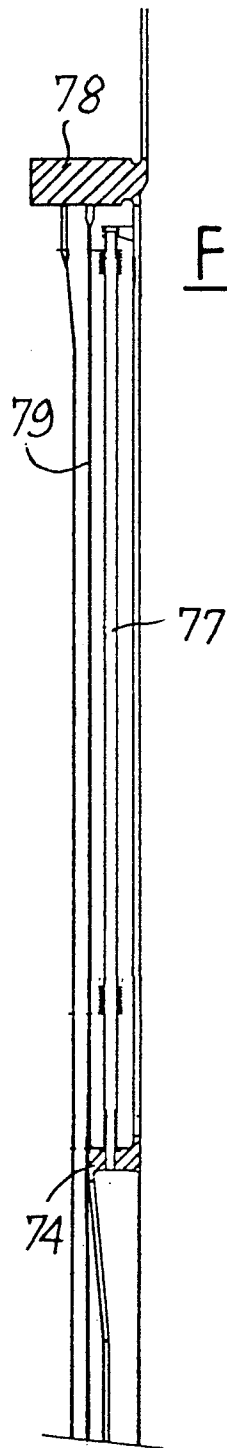
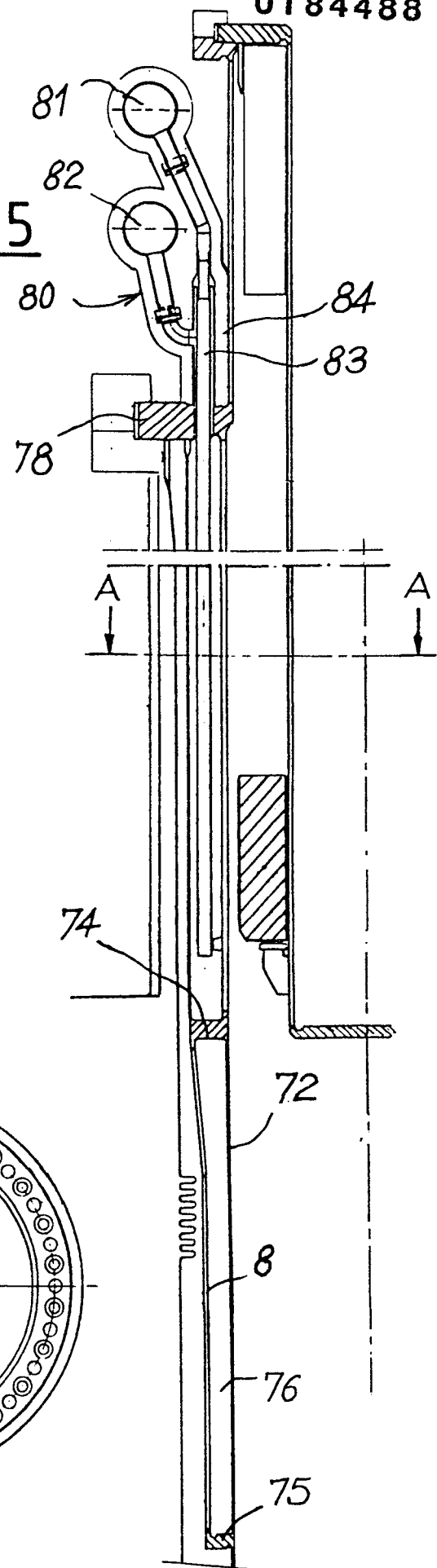
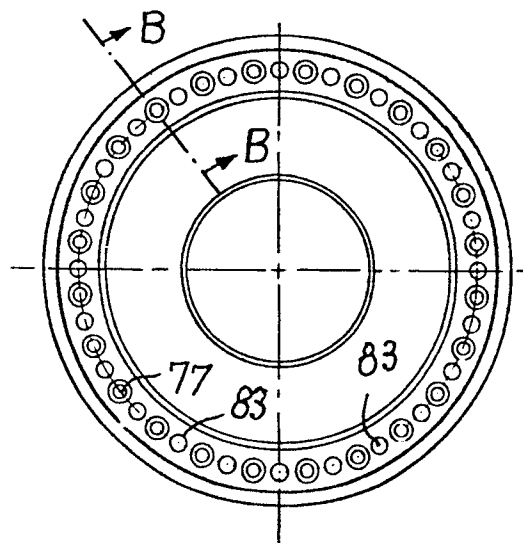
FIG. 2FIG. 4

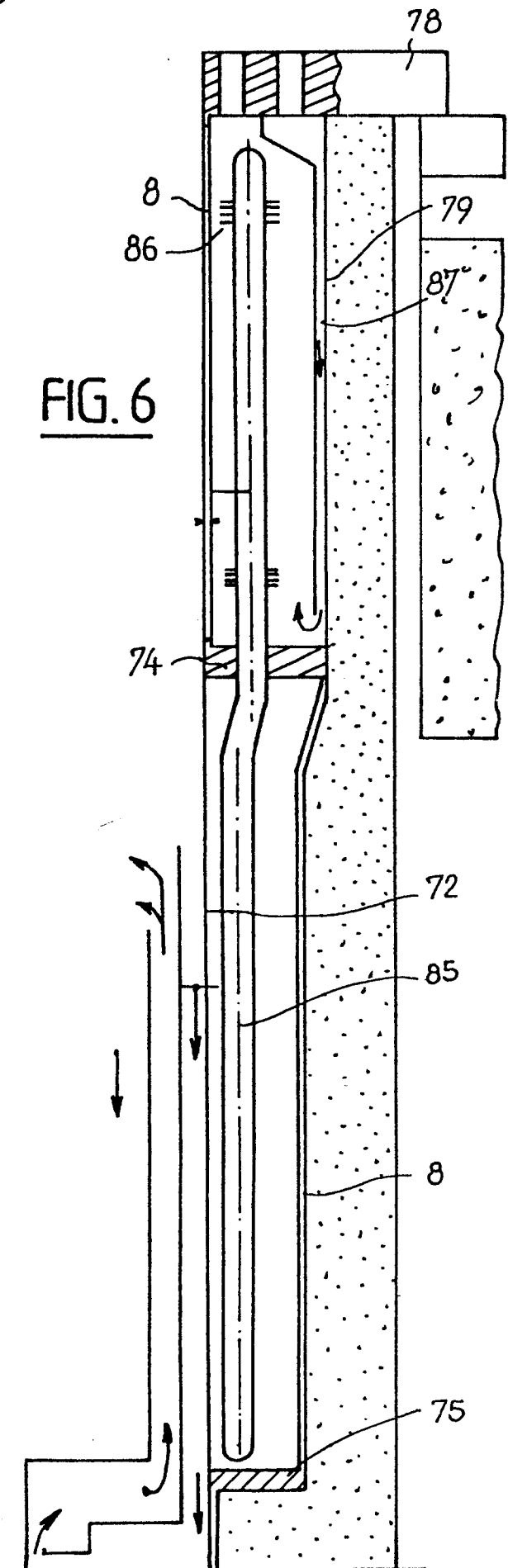
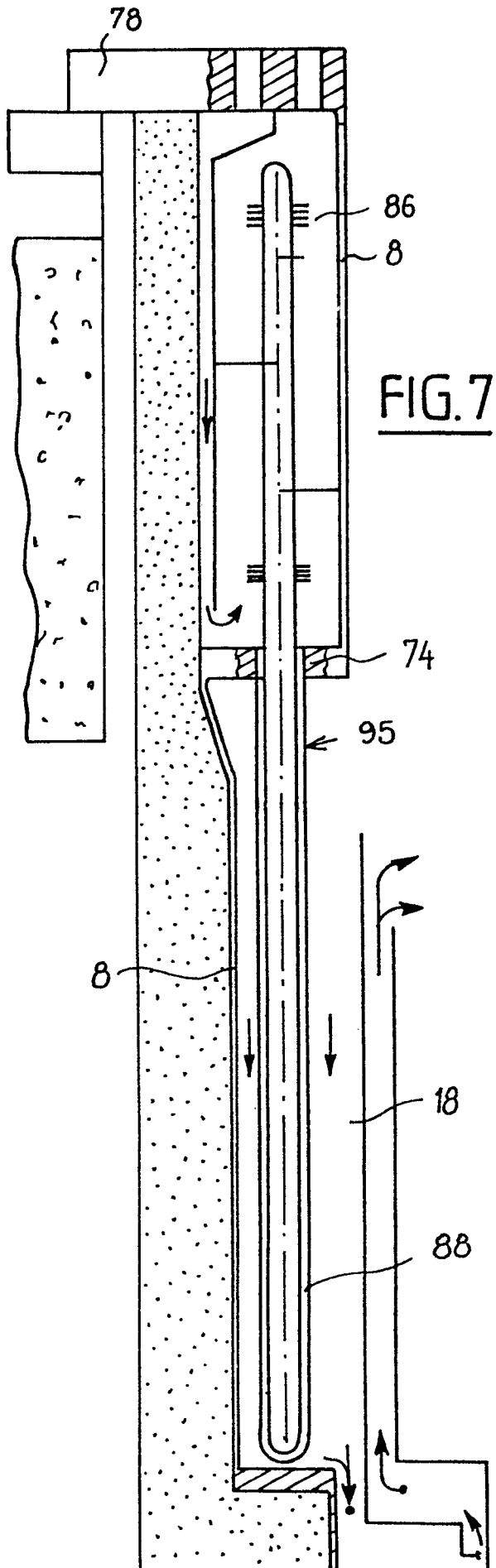
FIG.3

3/5

0184488



FIG. 5bFIG. 5FIG. 5a





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
A	FR-A-2 246 942 (CEA) * Page 4, ligne 18 - page 6, ligne 22; figures 1,2 *	1-3,11	G 21 C 19/30
A	FR-A-2 521 762 (DORYOKURO KAKUNENRYO) * Revendications 1,2,6; figures 2,3; page 5, ligne 33 - page 6, ligne 3 *	1,11	
A	KERNENERGIE, vol. 22, no. 1, janvier 1979, pages 16-24, Dimitroffgrad, SU; V.I. SUBBOTIN et al.: "Reinigung des Natriumwärmeträgers mittels Kalt- und Heissfallen und Reinigung des Schutzgases" * Page 18, colonne de gauche, lignes 16-32 *	1,11	
A	US-A-4 291 865 (WESTINGHOUSE) * Revendication 1; figure 1 *	1	G 21 C 19/00 B 01 D 8/00
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 29-01-1986	Examineur JANDL F.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			